

Rec'd PCT/PTO 22 DEC 2005
PCT/JP 2004/008230

10/5618724
29.6.2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

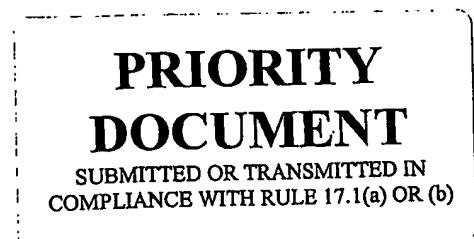
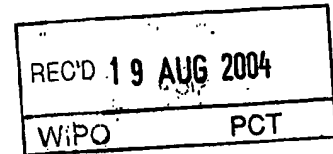
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 6 月 2 3 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 1 7 8 3 2 1
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 1 7 8 3 2 1]

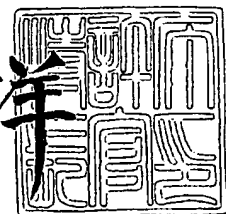
出 願 人 独立行政法人情報通信研究機構
Applicant(s):



2 0 0 4 年 8 月 5 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川 洋



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 6 9 3 7 3

【書類名】 特許願

【整理番号】 CRL-03-41

【提出日】 平成15年 6月23日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 G06F 7/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都小金井市貫井北町 4 - 2 - 1 独立行政法人通信
総合研究所内

【氏名】 中島 潤一

【発明者】

【住所又は居所】 東京都小金井市貫井北町 4 - 2 - 1 独立行政法人通信
総合研究所内

【氏名】 木村 守孝

【発明者】

【住所又は居所】 東京都小金井市貫井北町 4 - 2 - 1 独立行政法人通信
総合研究所内

【氏名】 近藤 哲朗

【特許出願人】

【識別番号】 301022471

【氏名又は名称】 独立行政法人通信総合研究所

【代理人】

【識別番号】 100090893

【弁理士】

【氏名又は名称】 渡邊 敏

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 データ配置方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 n 局 (n は 2 以上の自然数) の計算機 PC_i (i は 0 から $n-1$ までの整数を取りうる。) が、ネットワーク媒体によって、スイッチング機能を有する集線装置または通信ネットワークに接続されるネットワーク構成において、

各計算機 PC_i は、相互相関演算の対象となるデータ X_i (i は 0 から $n-1$ までの整数を取りうる。) が格納される記憶装置を備え、

各計算機 PC_i における上記データ X_i は、部分データ $X_i(j)$ (j は 0 から $n-1$ までの整数を取りうる。) に n 分割可能であり、

k 番目 (k は 0 から $n-1$ までの整数を取りうる。) の計算機 PC_k は、各計算機 PC_i における k 番目の部分データ $X_i(k)$ の相互相関演算を担当するものであって、

さらに、

上記集線装置または通信ネットワークを介してデータ転送可能に接続された計算機 2 局ずつの各ペアにおいて、接続された 2 局の計算機の間で相互に、接続された相手方計算機に対して、該計算機の担当する部分データを転送するステップを繰り返す

ことを特徴とするデータ配置方法。

【請求項 2】 上記ステップを、 n が偶数の場合には $n-1$ 回、 n が奇数の場合には n 回繰り返すとともに、

各ステップにおいて、上記各ペアに同一の計算機を重複することなく、且つ、全てのステップをとおして同一のペアを重複することなく割り当てる、

請求項 1 に記載のデータ配置方法。

【請求項 3】 n 局 (n は 2 以上の自然数) の計算機 PC_i (i は 0 から $n-1$ までの整数を取りうる。) が、ネットワーク媒体によって、スイッチング機能を有する集線装置または通信ネットワークに接続されるネットワーク構成において、

各計算機 PC_i は、相互相関演算の対象となるデータ X_i (i は 0 から $n-1$ までの整数を取りうる。) が格納される記憶装置を備え、

各計算機 PC_i における上記データ X_i は、単位データ量である部分データ $X_i(m)$ (m は 0 以上の整数を取りうる。) に n 個以上分割可能であり、かつ、連続する n 個の部分データごとに重複することなくブロック区分可能であり、

k 番目 (k は 0 から $n-1$ までの整数を取りうる。) の計算機 PC_k は、各計算機 PC_i における各ブロックの k 番目の部分データの相互相関演算を担当するものであって、

さらに、上記ブロックごとに、

上記集線装置または通信ネットワークを介してデータ転送可能に接続された計算機 2 局ずつの各ペアにおいて、接続された 2 局の計算機の間で相互に、接続された相手方計算機に対して、該計算機の担当する部分データを転送するステップを繰り返す

ことを特徴とするデータ配置方法。

【請求項 4】 上記 α 番目 (α は 0 以上の整数を取りうる。) のブロックには、 $n \times \alpha$ 番目から ($n \times \alpha + n - 1$) 番目までの部分データを含み、

k 番目の計算機 PC_k は、各計算機 PC_i における ($k + n \times \alpha$) 番目の部分データ $X_i(k + n \times \alpha)$ の相互相関演算を担当するものである、請求項 3 に記載のデータ配置方法。

【請求項 5】 上記ブロックごとに、

上記ステップを、 n が偶数の場合には $n-1$ 回、 n が奇数の場合には n 回繰り返すとともに、

各ステップにおいて、上記各ペアに同一の計算機を重複することなく、且つ、全てのステップをととして同一のペアを重複することなく割り当てることを繰り返す

請求項 3 または 4 に記載のデータ配置方法。

【請求項 6】 計算機が汎用計算機である、請求項 1 から 5 いずれかに記載のデータ配置方法。

【請求項 7】 ネットワーク媒体が全二重通信可能である、請求項 1 ない

し6 いずれかに記載のデータ配置方法。

【請求項8】 上記データが、電波望遠鏡による観測によって得られる時系列データである、請求項1から7いずれかに記載のデータ配置方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、複数の計算機の記憶装置に格納されたデータを、演算処理を担当する計算機に配置させる方法に関する。とくに、データが、相互相関演算の対象となるものである。

【0002】

【従来の技術】

現在、VLBI (Very Long Baseline Interferometry: 超長基線電波干渉計) などの電波干渉計の観測解析、通信分野における信号解析、地震波の解析、心電図・筋電図・脳波等の解析、気象データの解析、構造物の振動解析など広く様々な分野で相互相関演算が計算機によって処理されている。

【0003】

相互相関演算を処理する計算機は、一般的には、コンピュータである。

相互相関演算の対象となるデータ量が比較的小規模であるならば、近年の汎用コンピュータの高性能化に伴い、汎用コンピュータを用いて相互相関演算を処理することが可能である。

【0004】

ここで、汎用コンピュータとは、明確な定義は無いものの、一般的には、バッチ処理、リアルタイム処理、オンライン処理など様々な処理をプログラムによって実行可能に設計されているコンピュータと解されている。別の観点から説述すれば、演算装置と主記憶装置が協働可能に接続され、所定の手順によって演算が処理されるような制御回路を備えたコンピュータといってもよい。

例えば、いわゆるパーソナルコンピュータは、汎用コンピュータである。

【0005】

一方、汎用コンピュータに対するのが専用コンピュータであり、同じく明確な定義は無いものの、一般的には、例えば画像処理や相互相関演算処理など特定の処理を効率的に行えるように設計されているコンピュータのことである。別の観点から説述すれば、例えば、演算処理の所定の手順の一部を演算装置というハードウェアで直接実行するコンピュータといってもよい。

【0006】

相互相関演算の対象となるデータ量が比較的大規模の場合には、汎用コンピュータによって相互相関演算を処理するには負担が大きく、例えば実行速度が極端に遅くなるなどの問題が生じうる。そこで、このような場合には、専用コンピュータによって相互相関演算処理をさせることが一般的である。

【0007】

ここで、VLBIを例に具体的に説述することにする。

VLBIでは、複数のVLBI局の電波望遠鏡によって、電波源である天体からの電波を受信・記録する。共通の電波源である天体からの電波（アナログ信号）を、原子周波数標準器を用いてデジタル信号に変換して磁気テープに記録するのである。そして、この磁気テープを相関器の所在地に搬送し、各磁気テープに記録されたデジタル信号を同期再生させ、相関器によって、同期再生されたデジタル信号間の相関関数を計算するのである。また、必ずしも磁気テープを相関器の所在地に搬送しなければならないものではなく、近年、ネットワーク媒体であるケーブルの単位時間当たりのデータ転送量の増大などに伴い、デジタル信号に変換された観測データを、直接相関器に転送することが行われている。即ち、各VLBI局において、デジタル信号に変換された観測データを磁気テープに記録することなくこの観測データを通信装置に送り、ケーブルを介して直接相関器に転送するのである。このようにして、およそ実時間の相互相関演算処理が実現されている。

なお、ここで説述したのは、VLBIの概要であって本発明と関連のある部分であり、実際はこのような単純なものではない。

【0008】

この相関器が既述の専用コンピュータに相当するものである。VLBIの観測

によって記録可能なデジタル信号のデータ量は、1秒当たりギガビット単位のデータ量に達するため、このような大規模のデータ量を単独の汎用コンピュータで相互相関演算処理するには負担が大きく、専用コンピュータである相関器を用いて処理するのである。

【0009】

このように、専用コンピュータを用いて相互相関演算を行うことは現在一般的であるものの、専用コンピュータの開発には、多大な労力とコストがかかる。

【0010】

そこで、近年の汎用コンピュータの高性能化に着眼し、複数の汎用コンピュータに相互相関演算を分散処理させることで、専用コンピュータに比肩するほどの相互相関演算処理を実現することが考えられる。なぜなら、1台の汎用コンピュータで大規模なデータ量の相互相関演算処理をさせようとする、既述のとおり、実行速度が極端に遅くなる、データの記憶装置から読み込みがバスを圧迫して破綻するなどの大きな問題を生じるからである。

【0011】

ところで、複数の汎用コンピュータに相互相関演算を分散処理させるにあたっては、データ量が 대규모であればあるほど、相互相関演算の対象となるデータを、いかにして複数の汎用コンピュータに配置するかが問題になる。

【0012】

無論、ある1局の汎用コンピュータの記憶装置にデータが格納されているだけの場合には、このデータを適宜他の汎用コンピュータに分配するだけなので格別の問題は生じないが、複数局の汎用コンピュータの記憶装置にデータが格納されている場合には効率的なデータの配置が求められるのである。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

そこで本発明は、上記の問題点に鑑み、複数局の計算機の記憶装置に格納される、相互相関演算の対象となるデータを、効率的に複数局の計算機に配置する方法を提供することを課題とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】

本発明は上記課題の解決を図るため、次の手段を用いる。

即ち、 n 局 (n は2以上の自然数)の計算機 PC_0 、 PC_1 、 PC_2 、 \dots 、 PC_{n-2} 、 PC_{n-1} (i を0から $n-1$ までの整数を取りうるものとして PC_i と表記する。)が、ネットワーク媒体によって、スイッチング機能を有する集線装置または通信ネットワークに接続されるネットワーク構成において、各計算機 PC_0 、 PC_1 、 PC_2 、 \dots 、 PC_{n-2} 、 PC_{n-1} は、相互相関演算の対象となるデータ X_0 、 X_1 、 X_2 、 \dots 、 X_{n-2} 、 X_{n-1} (i は0から $n-1$ までの整数を取りうるものとして X_i と表記する。)が格納される記憶装置を備え、各計算機 PC_i における上記データ X_i は、部分データ $X_i(0)$ 、 $X_i(1)$ 、 $X_i(2)$ 、 \dots 、 $X_i(n-2)$ 、 $X_i(n-1)$ (j を0から $n-1$ までの整数を取りうるものとして $X_i(j)$ と表記する。)に n 分割可能であり、 k 番目 (k は0から $n-1$ までの整数を取りうる。)の計算機 PC_k は、各計算機 PC_i における k 番目の部分データ $X_i(k)$ の相互相関演算を担当するものであって、さらに、上記集線装置または通信ネットワークを介してデータ転送可能に接続された計算機2局ずつの各ペアにおいて、接続された2局の計算機の間で相互に、接続された相手方計算機に対して、該計算機の担当する部分データを転送するステップを繰り返すデータ配置方法とするのである。

【0015】

そして、上記ステップを、 n が偶数の場合には $n-1$ 回、 n が奇数の場合には n 回繰り返すとともに、各ステップにおいて、上記各ペアに同一の計算機を重複することなく、且つ、全てのステップをとおして同一のペアを重複することなく割り当てるものとしてもよい。このようにすることによって、最も効率の良いデータの転送が可能になる。

【0016】

あるいは、 n 局 (n は2以上の自然数)の計算機 PC_i (i は0から $n-1$ までの整数を取りうる。)が、ネットワーク媒体によって、スイッチング機能を有する集線装置または通信ネットワークに接続されるネットワーク構成において、各計算機 PC_i は、相互相関演算の対象となるデータ X_i (i は0から $n-1$ まで

の整数を取りうる。)が格納される記憶装置を備え、各計算機 PC_i における上記データ X_i は、単位データ量である部分データ $X_i(m)$ (m は0以上の整数を取りうる。)に n 個以上分割可能であり、かつ、連続する n 個の部分データごとに重複することなくブロック区分可能であって、 k 番目 (k は0から $n-1$ までの整数を取りうる。)の計算機 PC_k は、各計算機 PC_i における各ブロックの k 番目の部分データの相互相関演算を担当するものであって、さらに、上記ブロックごとに、上記集線装置または通信ネットワークを介してデータ転送可能に接続された計算機2局ずつの各ペアにおいて、接続された2局の計算機の間で相互に、接続された相手方計算機に対して、該計算機を担当する部分データを転送するステップを繰り返すデータ配置方法とするのである。

【0017】

また、上記 α 番目 (α は0以上の整数を取りうる。)のブロックには、 $n \times \alpha$ 番目から ($n \times \alpha + n - 1$) 番目までの部分データを含み、 k 番目の計算機 PC_k は、各計算機 PC_i における ($k + n \times \alpha$) 番目の部分データ $X_i(k + n \times \alpha)$ の相互相関演算を担当するものとしてもよい。このようにすることによって、例えば、データが、実験等の観測によって収集される時系列データである場合に、データ収集を行いながら、一方で時間進行に伴って収集された時系列データをブロックごとに順次データ配置を行って、相互相関演算処理を行うことが可能になる。

【0018】

上記ブロックごとに、上記ステップを、 n が偶数の場合には $n-1$ 回、 n が奇数の場合には n 回繰り返すとともに、各ステップにおいて、上記各ペアに同一の計算機を重複することなく、且つ、全てのステップをとおして同一のペアを重複することなく割り当てることを繰り返すようにしてもよい。このようにすることによって、最も効率の良いデータの転送が可能になる。

【0019】

とくに、計算機を汎用計算機とすることで、高価な専用計算機を用いることなく、専用計算機を用いた場合に比肩するほどの相互相関演算処理を実現することが可能となる。

【0020】

ネットワーク媒体を全二重通信可能なものとすることで、データ転送可能に接続された2局の計算機の間で相互に、データ転送をおよそ同時に行えるので、データ配置を完了する時間を短縮できる。

【0021】

また、上記データが、電波望遠鏡による観測によって得られる時系列データである場合には、上記例に挙げたVLBIの場合のように、単位時間当たりのデータ量が膨大であるので、本発明の方法によるデータ配置方法を適用することで、各局への効率的なデータ配置による相互相関演算の分散処理が可能になる。

【0022】

【発明の実施の形態】

本発明の実施形態を図面に基づいて説明するが、以下の具体例は本発明を限定するものではない。実施形態は、本発明の趣旨から逸脱しない限り適宜変更可能なものである。

【0023】

図1に、本発明におけるネットワーク構成の一例を示す図を、図2に、PCの装置構成例を示す図を、図3に、n分割の場合に、本発明によるデータ配置の前後の、各PCの外部記憶装置に格納される部分データの配置状況を示す図を、図4に、n分割以上の場合に、本発明によるデータ配置の前後の、各PCの外部記憶装置に格納される部分データの配置状況を示す図を示す。

【0024】

本実施形態例においては、計算機は汎用コンピュータ、例えばいわゆるパーソナルコンピュータ (personal computer: 以下、PCと表記する。) とする。なお、本発明の方法においては、必ずしも計算機は汎用コンピュータでなければならないものではなく、専用コンピュータなどであってもよい。

【0025】

本実施形態例では、PC〔1〕は、n局あるものとする。ここで、nは2以上の自然数である。即ち、PCは複数局ある。各PCを識別するために、添字を用いて、各PCを、PC₀、PC₁、PC₂、…、PC_{n-2}、PC_{n-1}と表記する。な

お、0 から $n-1$ の整数を取りうる添字 i を用いて PC_i と表記しても特段の断りが無い限り同じことを意味するものとする。また、図1では符号の煩雑を避けるため、符号による識別はしていない。

【0026】

各 PC_i は、その装置構成・性能において、およそ同じにしなければならないものではない。しかしながら、各 PC_i は相互相関演算を行うので、相応の演算性能を有することが好ましい。

【0027】

各 PC_i は、スイッチング機能を有する集線装置であるスイッチングハブ〔2〕に、ネットワーク媒体であるケーブル〔3〕を介して接続される（図1参照）。図1では、 $n=6$ 、即ち、 $PC〔1〕$ が6局の場合を例示している。

【0028】

ケーブル〔3〕は、受信と送信を同時に行うことで実質的に2倍の通信速度を実現する全二重通信が可能なものとする。全二重通信可能なケーブルは、このケーブルによってデータ転送可能に接続された2局の PC 間でデータを相互に転送するのに好適である。全二重通信が可能なケーブルとしては、例えばイーサネット（Ethernet：登録商標）のツイストペアケーブルが挙げられる。また、その他にも例えば光ファイバであってもよい。ケーブル〔3〕の通信速度は高速であるほど好ましい。例えば既述の VLB I では、1秒あたりギガビット単位のデータ量となるので、できるだけ短時間にデータ転送を実現するためには、高速の通信速度が求められるからである。上述のイーサネット（登録商標）では、1 Gbps（Gbit/sec：ギガビット毎秒）の通信速度を実現するギガビット・イーサネット（登録商標）が挙げられる。

【0029】

なお、ケーブル〔3〕は、全二重通信が可能なものであることに限定されるものではなく、受信と送信を各別に実現する半二重通信可能なものでもよい。半二重通信可能なケーブルを用いる場合には、半二重通信可能なケーブルによってデータ転送可能に接続された2局の PC 、例えば PC_2 と PC_5 との間でデータを相互に転送する場合、まず、例えば PC_2 から PC_5 へ、次いで、 PC_5 から PC_2 へ

とデータを転送すればよい。

しかしながら、全二重通信可能なケーブルの場合には、PC₂からPC₅へのデータ転送と、PC₅からPC₂へのデータ転送がおよそ同時に行えるため、半二重通信可能なケーブルを用いた場合に比して、相互のPCでデータ転送を終了する時間がおよそ半分で済むという大きな利点がある。

【0030】

スイッチングハブ〔2〕は、スイッチング機能を有するハブである。ハブに設けられたポートに接続されたイーサネット（登録商標）デバイスの物理アドレスを記憶し、通信に必要とされるポート同士を直結してデータ転送を行う。従って、複数のPC間で通信を行う場合でも、データのコリジョンを回避できる。

【0031】

スイッチングハブ〔2〕にn局のPC_iがケーブル〔3〕を介して接続することでネットワークを構成するが、このネットワークの形態（トポロジー）は、いわゆるスター型である。n局のPC_iを各セグメントとみれば、スイッチングハブ〔2〕は、セグメントの中継装置なので、マルチポート・リピータといえる。

【0032】

以上においては、複数のPCがケーブル〔3〕を介して、スイッチングハブ〔2〕にスター型に接続する形態を説述したが、他の実施形態としては、複数のPCが通信ネットワーク、例えばインターネットに接続する構成でもよい。この場合には、後述のように複数のPC間でデータの転送を相互に行うので、データのコリジョンを防止するために、複数のPC間でデータ転送をする際に、途中の通信回線の全部または一部を共有することは避けなければならない。また、比較的大規模なデータ量を転送する場合には、通信回線における帯域に相当の余裕があることが好ましい。

【0033】

また、既存のインターネットなどの通信ネットワークを利用する場合には、回線の通信速度が異なるものが種々混在しているのが通常であるが、できるだけ通信速度の速い回線を利用するのが好ましい。

【0034】

各 PC_i は、記憶装置を備える。記憶装置は、一般的にハードディスクと称される外部記憶装置〔18〕でよい。この外部記憶装置〔18〕には、相互相関演算の対象となるデータ〔20〕が格納される。 PC_0 の外部記憶装置〔18〕に格納されるデータ〔20〕を X_0 、 PC_1 の外部記憶装置〔18〕に格納されるデータ〔20〕を X_1 、その他の PC についても同様に、 PC_i の外部記憶装置〔18〕に格納されるデータ〔20〕を X_i と表記することにする。

【0035】

また、各 PC_i は、演算装置〔12〕、主記憶装置〔16〕及びケーブル〔3〕と接続して外部記憶装置〔18〕に格納されるデータ〔20〕を他の PC へと転送することのできる伝送部〔11〕などを備える。演算装置〔12〕には、外部記憶装置〔18〕に格納されたデータ〔20〕の制御などを行うデータ制御部〔15〕、相互相関演算を処理する演算部〔14〕、伝送部〔11〕を制御する伝送制御部〔13〕などが備わる（図2参照）。図示はしていないが、外部記憶装置〔18〕に、他の PC とのデータ転送の順番などを制御するプログラムを格納し、この順番に従って、後述のデータ転送が行われるようにしてもよい。また、外部記憶装置〔18〕に格納されるデータ〔20〕は、演算装置〔12〕のデータ制御部〔15〕の制御の下、伝送部〔11〕を介して、他の PC へと転送され得る。

【0036】

各データ X_i は、 n 分割可能である。即ち、 X_0 は、部分データ $X_0(0)$ 、 $X_0(1)$ 、 $X_0(2)$ 、 \dots 、 $X_0(n-2)$ 、 $X_0(n-1)$ の n 個に分割でき、 X_1 は、部分データ $X_1(0)$ 、 $X_1(1)$ 、 $X_1(2)$ 、 \dots 、 $X_1(n-2)$ 、 $X_1(n-1)$ の n 個に分割でき、その他の X_i についても同様に、部分データ $X_i(0)$ 、 $X_i(1)$ 、 $X_i(2)$ 、 \dots 、 $X_i(n-2)$ 、 $X_i(n-1)$ の n 個に分割できるものとする。このように、 PC_i の外部記憶装置〔18〕に格納されるデータ X_i の n 分割された部分データを $X_i(j)$ と表記することにする。ここで、 j は0から $n-1$ までの整数を取りうるものとする。

【0037】

なお、ここで「分割可能」なる表現を用いているが、本発明における「分割可

能」とは、連続したデータ X_i を部分データ $X_i(j)$ に分割する場合を含むことは上述のとおりであって、さらに、データ X_i が部分データ $X_i(j)$ の集合体である場合も含むものとする。

【0038】

具体的にVLBIにおいて得られる時系列データを例にとると、電波望遠鏡によって得られるアナログ信号のデータは、適宜、原子周波数標準器によってデジタル信号に変換されて、PCの外部記憶装置に格納される。勿論、既述したとおりであるが、実際のVLBIのデータサンプリングはこのような単純なものではなく、ここでは、本発明の関連を有する概要を示すにすぎない。この外部記憶装置に格納された時系列データは、例えば4秒間のデータが一括して格納されるものでもよいし、1秒間ごとに区切って4秒間分のデータが格納されるものでもよい。そして、電波望遠鏡が4局、即ちPCが4局とすると、前者の場合には、4秒分のデータを、0秒から1秒まで、1秒から2秒まで、2秒から3秒まで、3秒から4秒までの4つの部分データに分割すればよい。一方後者の場合には、1秒間ごとの4つの部分データから4秒間のデータが構成されているので、そもそも分割されているといえるのであるが、このような場合であっても、概念的には4秒間のデータが各1秒間の部分データに分割されたものといえるので、このような場合も「分割可能」という表現に含めるのである。

【0039】

データの分割方法は、従来公知の方法でよく、例えばアプリケーションソフトウェアを用いて分割するものであってよい。

【0040】

各部分データ $X_i(j)$ は、そのデータ量はおよそ同じにしなければならないものではない。しかし、一般的には、およそ同じとするのが好適である。つまり、データ X_i をおよそ n 等分割するのである。本実施例においても、特段の断りが無い限り、およそ n 等分割したものとする。

【0041】

各 PC_i は、上記のように分割された部分データの相互相関演算を担当する。具体的には、 PC_0 は、 PC_0 の0番目の部分データ $X_0(0)$ 、 PC_1 の0番目の

部分データ $X_1(0)$ 、 PC_2 の 0 番目の部分データ $X_2(0)$ 、 \dots 、 PC_{n-2} の 0 番目の部分データ $X_{n-2}(0)$ 、 PC_{n-1} の 0 番目の部分データ $X_{n-1}(0)$ の各部分データの相互相関演算を担当するのである。つまり、 PC_0 は、 PC_i の 0 番目の部分データ $X_i(0)$ の相互相関演算を担当するのである。

【0042】

同様に、 PC_1 は、 PC_0 の 1 番目の部分データ $X_0(1)$ 、 PC_1 の 1 番目の部分データ $X_1(1)$ 、 PC_2 の 1 番目の部分データ $X_2(1)$ 、 \dots 、 PC_{n-2} の 1 番目の部分データ $X_{n-2}(1)$ 、 PC_{n-1} の 1 番目の部分データ $X_{n-1}(1)$ の各部分データの相互相関演算を担当するのである。つまり、 PC_i の 1 番目の部分データ $X_i(1)$ の相互相関演算を担当するのである。

【0043】

このことは、各 PC_i について妥当し、0 から $n-1$ までの整数を取りうる k を用いると、 k 番目の PC_k は、 PC_0 の k 番目の部分データ $X_0(k)$ 、 PC_1 の k 番目の部分データ $X_1(k)$ 、 PC_2 の k 番目の部分データ $X_2(k)$ 、 \dots 、 PC_{n-2} の k 番目の部分データ $X_{n-2}(k)$ 、 PC_{n-1} の k 番目の部分データ $X_{n-1}(k)$ の各部分データの相互相関演算を担当するのである。つまり、 k 番目の PC_k は、 PC_i の外部記憶装置〔18〕に格納される k 番目の部分データ $X_i(k)$ の相互相関演算を担当するのである。

【0044】

このように、 k 番目の PC_k で、各 PC_i の外部記憶装置〔18〕に格納される k 番目の部分データ $X_i(k)$ の相互相関演算を行えるようにするには、 k 番目の PC_k に、 PC_i の外部記憶装置〔18〕に格納される k 番目の部分データ $X_i(k)$ を配置しなければならない（図3参照）。

【0045】

この配置方法を以下に説述する。

各 PC_i を、スイッチングハブ〔2〕を介して、2局ずつのペアで、データ転送可能に接続する。そして、各ペアにおいて、相互の PC は、相手方 PC が担当する部分データを転送する。このとき、ケーブル〔3〕は、全二重通信可能なので、相互のデータ転送を同時に行える。また、各ペアのデータ転送もスイッチン

グハブ〔2〕を介することで同時に行える。そして、このステップを、各ペアにおける2局のPCの組み合わせを変えて繰り返すことで、配置が完了する。

【0046】

ここで、PCが4局の場合と5局の場合で、具体的に説明する。

まず、PCが4局、即ち $n = 4$ の場合から説明する。

4局のPC₀、PC₁、PC₂、PC₃において、各PCの外部記憶装置〔18〕には、データが格納され4つの部分データに分割される。即ち、PC₀の外部記憶装置には、部分データX₀(0)、X₀(1)、X₀(2)、X₀(3)が、PC₁の外部記憶装置には、部分データX₁(0)、X₁(1)、X₁(2)、X₁(3)が、PC₂の外部記憶装置には、部分データX₂(0)、X₂(1)、X₂(2)、X₂(3)が、PC₃の外部記憶装置には、部分データX₃(0)、X₃(1)、X₃(2)、X₃(3)が格納されている。

【0047】

そして、次のステップの各ペアでデータ転送を行う。ペアは、括弧で表記するものとする。

ステップ①: (PC₀, PC₁) (PC₂, PC₃)

ステップ②: (PC₀, PC₃) (PC₁, PC₂)

ステップ③: (PC₀, PC₂) (PC₁, PC₃)

必ずこの順番によるものではなく、適宜入れ替えても良い。

【0048】

ここで、各ステップにおける各ペアには、同じPCが含まれないようにするのが良い。また、各ステップには、同じPCの組み合わせのペアが含まれないようにするのが良い。つまり、できるだけ1回のステップで同時にデータ転送できるペアの組み合わせを多くし、かつ、ステップの回数をできるだけ少なくなるようにするのである。

【0049】

まず、ステップ①では、PC₀とPC₁、PC₂とPC₃とをスイッチングハブ〔2〕を介して接続することで、PC₀とPC₁、PC₂とPC₃とは相互に同時にデータ転送可能になる。PC₀は、PC₁が担当する部分データX₀(1)を、PC₁

は、 PC_0 が担当する部分データ $X_1(0)$ を相互にデータ転送し、 PC_2 は、 PC_3 が担当する部分データ $X_2(3)$ を、 PC_3 は、 PC_2 が担当する部分データ $X_3(2)$ を相互にデータ転送する。

【0050】

次に、ステップ②では、 PC_0 と PC_3 、 PC_1 と PC_2 とをスイッチングハブ〔2〕を介して接続することで、 PC_0 と PC_3 、 PC_1 と PC_2 とは相互に同時にデータ転送可能になる。 PC_0 は、 PC_3 が担当する部分データ $X_0(3)$ を、 PC_3 は、 PC_0 が担当する部分データ $X_3(0)$ を相互にデータ転送し、 PC_1 は、 PC_2 が担当する部分データ $X_1(2)$ を、 PC_2 は、 PC_1 が担当する部分データ $X_2(1)$ を相互にデータ転送する。

【0051】

次いで、ステップ③では、 PC_0 と PC_2 、 PC_1 と PC_3 とをスイッチングハブ〔2〕を介して接続することで、 PC_0 と PC_2 、 PC_1 と PC_3 とは相互に同時にデータ転送可能になる。 PC_0 は、 PC_2 が担当する部分データ $X_0(2)$ を、 PC_2 は、 PC_0 が担当する部分データ $X_2(0)$ を相互にデータ転送し、 PC_1 は、 PC_3 が担当する部分データ $X_1(3)$ を、 PC_3 は、 PC_1 が担当する部分データ $X_3(1)$ を相互にデータ転送する。

【0052】

これらのステップが終了すると、 PC_0 には、 $X_0(0)$ 、 $X_1(0)$ 、 $X_2(0)$ 、 $X_3(0)$ が配置され、 PC_1 には、 $X_0(1)$ 、 $X_1(1)$ 、 $X_2(1)$ 、 $X_3(1)$ が配置され、 PC_2 には、 $X_0(2)$ 、 $X_1(2)$ 、 $X_2(2)$ 、 $X_3(2)$ が配置され、 PC_3 には、 $X_0(3)$ 、 $X_1(3)$ 、 $X_2(3)$ 、 $X_3(3)$ が配置されたことになる。なお、データ転送は、一般的には、データをコピーして転送するので、各 PC_i には、元の部分データ $X_i(j)$ は残ったままである。

【0053】

次に、 PC が5局、即ち $n=5$ の場合を説明する。

5局の PC_0 、 PC_1 、 PC_2 、 PC_3 、 PC_4 において、各 PC の外部記憶装置には、データが格納され5つの部分データに分割される。即ち、 PC_0 の外部記憶装置には、部分データ $X_0(0)$ 、 $X_0(1)$ 、 $X_0(2)$ 、 $X_0(3)$ 、 $X_0(4)$

4) が、PC₁の外部記憶装置には、部分データX₁(0)、X₁(1)、X₁(2)、X₁(3)、X₁(4)が、PC₂の外部記憶装置には、部分データX₂(0)、X₂(1)、X₂(2)、X₂(3)、X₂(4)が、PC₃の外部記憶装置には、部分データX₃(0)、X₃(1)、X₃(2)、X₃(3)、X₃(4)が、PC₄の外部記憶装置には、部分データX₄(0)、X₄(1)、X₄(2)、X₄(3)、X₄(4)が格納されている。

【0054】

そして、次のステップの各ペアでデータ転送を行う。

ステップ①: (PC₀, PC₁) (PC₂, PC₄)

ステップ②: (PC₀, PC₂) (PC₃, PC₄)

ステップ③: (PC₀, PC₃) (PC₁, PC₂)

ステップ④: (PC₀, PC₄) (PC₁, PC₃)

ステップ⑤: (PC₁, PC₄) (PC₂, PC₃)

必ずこの順番によるものではなく、適宜入れ替えても良い。

【0055】

ここでも、各ステップにおける各ペアには、同じPCが含まれないようにするのが良い。また、各ステップには、同じPCの組み合わせのペアが含まれないようにするのが良い。

【0056】

まず、ステップ①では、PC₀とPC₁、PC₂とPC₄とをスイッチングハブ〔2〕を介して接続することで、PC₀とPC₁、PC₂とPC₄とは相互に同時にデータ転送可能になる。PC₀は、PC₁が担当する部分データX₀(1)を、PC₁は、PC₀が担当する部分データX₁(0)を相互にデータ転送し、PC₂は、PC₄が担当する部分データX₂(4)を、PC₄は、PC₂が担当する部分データX₄(2)を相互にデータ転送する。

【0057】

次に、ステップ②では、PC₀とPC₂、PC₃とPC₄とをスイッチングハブ〔2〕を介して接続することで、PC₀とPC₂、PC₃とPC₄とは相互に同時にデータ転送可能になる。PC₀は、PC₂が担当する部分データX₀(2)を、PC₂

は、PC₀が担当する部分データX₂(0)を相互にデータ転送し、PC₃は、PC₄が担当する部分データX₃(4)を、PC₄は、PC₃が担当する部分データX₄(3)を相互にデータ転送する。

【0058】

次いで、ステップ③では、PC₀とPC₃、PC₁とPC₂とをスイッチングハブ〔2〕を介して接続することで、PC₀とPC₃、PC₁とPC₂とは相互に同時にデータ転送可能になる。PC₀は、PC₃が担当する部分データX₀(3)を、PC₃は、PC₀が担当する部分データX₃(0)を相互にデータ転送し、PC₁は、PC₂が担当する部分データX₁(2)を、PC₂は、PC₁が担当する部分データX₂(1)を相互にデータ転送する。

【0059】

次いで、ステップ④では、PC₀とPC₄、PC₁とPC₃とをスイッチングハブ〔2〕を介して接続することで、PC₀とPC₄、PC₁とPC₃とは相互に同時にデータ転送可能になる。PC₀は、PC₄が担当する部分データX₀(4)を、PC₄は、PC₀が担当する部分データX₄(0)を相互にデータ転送し、PC₁は、PC₃が担当する部分データX₁(3)を、PC₃は、PC₁が担当する部分データX₃(1)を相互にデータ転送する。

【0060】

次いで、ステップ⑤では、PC₁とPC₄、PC₂とPC₃とをスイッチングハブ〔2〕を介して接続することで、PC₁とPC₄、PC₂とPC₃とは相互に同時にデータ転送可能になる。PC₁は、PC₄が担当する部分データX₁(4)を、PC₄は、PC₁が担当する部分データX₄(1)を相互にデータ転送し、PC₂は、PC₃が担当する部分データX₂(3)を、PC₃は、PC₂が担当する部分データX₃(2)を相互にデータ転送する。

【0061】

これらのステップが終了すると、PC₀には、X₀(0)、X₁(0)、X₂(0)、X₃(0)、X₄(0)が配置され、PC₁には、X₀(1)、X₁(1)、X₂(1)、X₃(1)、X₄(1)が配置され、PC₂には、X₀(2)、X₁(2)、X₂(2)、X₃(2)、X₄(2)が配置され、PC₃には、X₀(3)、X₁(

3)、 $X_2(3)$ 、 $X_3(3)$ 、 $X_4(3)$ が配置され、 PC_4 には、 $X_0(4)$ 、 $X_1(4)$ 、 $X_2(4)$ 、 $X_3(4)$ 、 $X_4(4)$ が配置されたことになる。なお、データ転送は、一般的には、データをコピーして転送するので、各 PC_i には、元の部分データ $X_i(j)$ は残ったままである。

【0062】

以上、 $n=4$ と $n=5$ の場合について例示したが、一般的に、 n 局の場合において、各ステップにおける各ペアには、同じ PC が含まれないようにするとともに、各ステップには、同じ PC の組み合わせのペアが含まれないようにするとの条件の下で、データの配置を完了するのに必要なステップの回数は、 n 個の中から2個のものを取り出す組み合わせの数を、1回のステップで組み合わせ可能なペアの数で除することによって得られる。

従って、 n が偶数の場合には、

【数1】

$$\frac{{}_nC_2}{\frac{n}{2}} = \frac{n(n-1)}{2} \cdot \frac{2}{n} = n-1$$

なので、データの配置を完了するのに必要なステップの回数は $n-1$ 回であり、 n が奇数の場合は、

【数2】

$$\frac{{}_nC_2}{\frac{n-1}{2}} = \frac{n(n-1)}{2} \cdot \frac{2}{n-1} = n$$

なので、データの配置を完了するのに必要なステップの回数は n 回となる。

【0063】

このようにして、 n 局の場合に、データの転送を完了するのに必要なステップの理論的な回数は求められるが、実際、この理論的な回数でデータ配置を完了させることのできる、各ステップのペアとペアの PC の具体的な組み合わせも必ず

存在する。従って、本発明の方法はPCがいかなる局数であっても実施可能である。なお、n局の場合における、各ステップのペアとペアのPCの組み合わせを求める方法は、後述の<付録>に記載する。

【0064】

以上では、各データ X_i をn分割した場合について説述したが、次に、各データ X_i を、単位データ量である部分データ $X_i(m)$ にn分割以上可能な場合について説述する。なお、PCやネットワーク構成については基本的には異なるないので、ここでは、各データ X_i の分割と転送方法について説述するものとする。

【0065】

単位データ量を、例えば、q [bit] として、各データ X_i をn個以上の部分データに分割可能であるとする。

【0066】

具体的には、各データ X_i は、例えば、 X_0 は、それぞれがq [bit] である部分データ $X_0(0)$ 、 $X_0(1)$ 、 $X_0(2)$ 、…とn個以上に分割でき、 X_1 は、それぞれがq [bit] である部分データ $X_1(0)$ 、 $X_1(1)$ 、 $X_1(2)$ 、…とn個以上に分割でき、その他の X_i についても同様で、q [bit] である部分データ $X_i(0)$ 、 $X_i(1)$ 、 $X_i(2)$ 、…とn個以上に分割できるものとする。換言すれば、PC i のデータ X_i が分割された部分データを $X_i(m)$ (mは勿論0以上の整数である。) とすれば、mはn-1以上の整数を取りうるものであって、さらに、いずれのmに対しても、 $X_i(m)$ のデータ量はq [bit] であるということである。

【0067】

なお、ここで「分割可能」なる表現を用いているが、既述のとおり、本発明における「分割可能」とは、連続したデータ X_i を部分データ $X_i(m)$ に分割する場合およびデータ X_i が部分データ $X_i(m)$ の集合体である場合も含むものとする。

【0068】

各部分データ $X_i(m)$ は、そのデータ量はおよそ同じにしなければならないものではない。しかし、一般的には、およそ同じとするのが好適である。例えば

、各部分データ $X_i(m)$ のデータ量を、ケーブル [3] の単位時間あたりに転送可能なデータ転送量とおよそ同じとするのである。

【0069】

次に、各 PC_i において上記のように分割された部分データを、連続する n 個の部分データごとに重複することなくブロック区分する。

具体的には、 PC_0 における n 個以上の部分データ $X_0(0)$ 、 $X_0(1)$ 、 $X_0(2)$ 、 \dots を、0 番目のブロックを、部分データ $X_0(0)$ 、 $X_0(1)$ 、 \dots 、 $X_0(n-2)$ 、 $X_0(n-1)$ からなるものとし、1 番目のブロックを、部分データ $X_0(n)$ 、 $X_0(n+1)$ 、 \dots 、 $X_0(2n-2)$ 、 $X_0(2n-1)$ からなるものとし、同様にして、 α 番目 (α は 0 以上の整数を取りうる。) のブロックは、部分データ $X_0(n \times \alpha)$ 、 $X_0(n \times \alpha + 1)$ 、 \dots 、 $X_0(n \times \alpha + n - 2)$ 、 $X_0(n \times \alpha + n - 1)$ からなるものとするのである。

【0070】

他の PC においても同様であって、 PC_i における n 個以上の部分データ $X_i(0)$ 、 $X_i(1)$ 、 $X_i(2)$ 、 \dots を、0 番目のブロックを、部分データ $X_i(0)$ 、 $X_i(1)$ 、 \dots 、 $X_i(n-2)$ 、 $X_i(n-1)$ からなるものとし、1 番目のブロックを、部分データ $X_i(n)$ 、 $X_i(n+1)$ 、 \dots 、 $X_i(2n-2)$ 、 $X_i(2n-1)$ からなるものとし、同様にして、 α 番目のブロックは、部分データ $X_i(n \times \alpha)$ 、 $X_i(n \times \alpha + 1)$ 、 \dots 、 $X_i(n \times \alpha + n - 2)$ 、 $X_i(n \times \alpha + n - 1)$ からなるものとするのである。

【0071】

上記のようなブロック区分は必須のものではなく、連続する n 個の部分データごとに重複することなくブロック区分すればよい。例えば、0 番目のブロックを、 $X_i(0)$ 、 $X_i(1)$ とし、1 番目のブロックを $X_i(2) \sim X_i(n+1)$ とし、2 番目のブロックを $X_i(n+2) \sim X_i(2n+1)$ 、 \dots とするものでもよい。ところで、このようなブロック区分では、0 番目のブロックの部分データの個数が n 個以上ではなく、2 個となる。このことは、既述のブロック区分でも同様のことが言える。つまり、既述のブロック区分では、 PC_i の α 番目のブロックは、部分データ $X_i(n \times \alpha)$ 、 $X_i(n \times \alpha + 1)$ 、 \dots 、 $X_i(n \times \alpha + n -$

2)、 $X_i (n \times \alpha + n - 1)$ からなるとしたが、最終のブロックでは、必ずしも n 個の部分データが存在しない場合もある。このような場合におけるデータ配置の方法は後記の〈部分データの個数が n 個未満の場合〉で説述する。

【0072】

各 PC_i は、上記のようにブロック区分された各ブロックの部分データの相互相関演算を担当する。

具体的には、 PC_0 は、各ブロックごとに、0番目のブロックの部分データ $X_0(0)$ 、 $X_1(0)$ 、 \dots 、 $X_{n-2}(0)$ 、 $X_{n-1}(0)$ 、1番目のブロックの部分データ $X_0(n)$ 、 $X_1(n)$ 、 \dots 、 $X_{n-2}(n)$ 、 $X_{n-1}(n)$ 、2番目のブロックの部分データ $X_0(2n)$ 、 $X_1(2n)$ 、 \dots 、 $X_{n-2}(2n)$ 、 $X_{n-1}(2n)$ 、 \dots の相互相関演算を担当する。また、 PC_1 は、各ブロックごとに、0番目のブロックの部分データ $X_0(1)$ 、 $X_1(1)$ 、 \dots 、 $X_{n-2}(1)$ 、 $X_{n-1}(1)$ 、1番目のブロックの部分データ $X_0(n+1)$ 、 $X_1(n+1)$ 、 \dots 、 $X_{n-2}(n+1)$ 、 $X_{n-1}(n+1)$ 、2番目のブロックの部分データ $X_0(2n+1)$ 、 $X_1(2n+1)$ 、 \dots 、 $X_{n-2}(2n+1)$ 、 $X_{n-1}(2n+1)$ 、 \dots の相互相関演算を担当する。他の PC でも同様であり、 k 番目の PC である PC_k は、各ブロックごとに、0番目のブロックの部分データ $X_0(k)$ 、 $X_1(k)$ 、 \dots 、 $X_{n-2}(k)$ 、 $X_{n-1}(k)$ 、1番目のブロックの部分データ $X_0(n+k)$ 、 $X_1(n+k)$ 、 \dots 、 $X_{n-2}(n+k)$ 、 $X_{n-1}(n+k)$ 、2番目のブロックの部分データ $X_0(2n+k)$ 、 $X_1(2n+k)$ 、 \dots 、 $X_{n-2}(2n+k)$ 、 $X_{n-1}(2n+k)$ 、 \dots の相互相関演算を担当する。換言すれば、 k 番目の PC である PC_k は、各 PC_i における $(k + n \times \alpha)$ 番目の部分データ $X_i(k + n \times \alpha)$ の相互相関演算を担当するものであって、この部分データ $X_i(k + n \times \alpha)$ は、 α 番目のブロックに含まれるものである。

【0073】

このように、 k 番目の PC_k で、 PC_i の外部記憶装置〔18〕に格納される $(k + n \times \alpha)$ 番目の部分データ $X_i(k + n \times \alpha)$ の相互相関演算を行えるようにするには、 k 番目の PC_k に、 PC_i の外部記憶装置〔18〕に格納される $(k + n \times \alpha)$ 番目の部分データ $X_i(k + n \times \alpha)$ を配置しなければならない (図

4 参照)。

【0074】

このデータ配置の方法は、各の各ブロックには、 n 個の連続する部分データが含まれるので、各ブロックごとに、 n 分割の場合で説明した方法を適用すればよい。つまり、各 PC_i 間で、 $X_i(0) \sim X_i(n-1)$ のデータ配置、 $X_i(n) \sim X_i(2n-1)$ のデータ配置、 $X_i(2n) \sim X_i(3n-1)$ のデータ配置のように、各ブロックごとにデータ配置を行うのである（具体的な詳細は、 n 分割の場合の説明が各ブロックごとに妥当する。）。

【0075】

＜部分データの個数が n 個未満の場合＞

既述のとおり、あるブロックの部分データの個数が n 個未満になる場合がある。このような場合の、このブロックにおけるデータ配置の方法を以下に具体例を示して説述する。要すれば、部分データの個数が n 個の場合と同様であるが、ここでは、 $n=4$ の場合で、0 番目のブロックの部分データの個数が 2 個の場合で説明する。

【0076】

データ配置前の各 PC における 0 番目のブロックの部分データの配置の状況は以下となる。

$PC_0: X_0(0)、X_0(1)$

$PC_1: X_1(0)、X_1(1)$

$PC_2: X_2(0)、X_2(1)$

$PC_3: X_3(0)、X_3(1)$

【0077】

ここで、 $n=4$ の場合の既述のステップは、

ステップ①：($PC_0、PC_1$) ($PC_2、PC_3$)

ステップ②：($PC_0、PC_3$) ($PC_1、PC_2$)

ステップ③：($PC_0、PC_2$) ($PC_1、PC_3$)

である。そこで、このステップに従えばよく、ステップ①では、ペア ($PC_0、PC_1$) で、 PC_0 の $X_0(1)$ と PC_1 の $X_1(0)$ を相互にデータ転送し、ペア

(PC₂、PC₃)では何もしない。ステップ②では、ペア(PC₀、PC₃)で、PC₃からPC₀へX₃(0)をデータ転送し、ペア(PC₁、PC₂)で、PC₂からPC₁へX₂(1)をデータ転送する。ステップ③では、ペア(PC₀、PC₂)で、PC₂からPC₀へX₂(0)をデータ転送し、ペア(PC₁、PC₃)で、PC₃からPC₁へX₃(1)をデータ転送するのである。

【0078】

このように、あたかもn個の部分データがある場合の如く、同様のステップを繰り返せばよく、ペアの相手方PCの担当する部分データの存在しない場合には、いわば半二重通信のように一方からのデータ転送のみを行えばよいのである。

【0079】

このように、データを、単位データ量であるn個以上の部分データに分割して、さらに部分データをブロック区分することによって、例えば、VLBI観測を行いデータを継続的に収集・格納しながら、既に外部記憶装置に格納されたデータを部分データに分割して、適宜ブロックごとに各局へのデータ配置を行うことができるので、観測におよそ並行して、既に収集されたデータの相互相関演算ができることになる。

【0080】

<付録>

数1、数2に示したように、n局の場合に、データの転送を完了するのに必要なステップの理論的な回数は求められるが、具体的に、各ステップにおけるペアをどのようにして組み合わせるかが問題となる。

n=6の場合を具体的に例示する。

n=6の場合で、最初の3回のステップにおけるペアの組み合わせとして、例えば、次のようなペアの組み合わせを考える。

ステップ①: (PC₀、PC₁) (PC₂、PC₃) (PC₄、PC₅)

ステップ②: (PC₀、PC₅) (PC₁、PC₂) (PC₃、PC₄)

ステップ③: (PC₀、PC₃) (PC₁、PC₄) (PC₂、PC₅)

【0081】

この場合に、各ステップにおける各ペアには、同じPCが含まれないようにす

るとともに、各ステップには、同じPCの組み合わせのペアが含まれないようにするとの条件の下、続くステップのペアの組み合わせを考えると、例えば次のように最低3回のステップが必要になる。

ステップ④: (PC₀, PC₄) (PC₁, PC₃)

ステップ⑤: (PC₀, PC₂) (PC₁, PC₅)

ステップ⑥: (PC₂, PC₄) (PC₃, PC₅)

【0082】

つまり、数1に示したように、 $n=6$ の場合には5回で完了できるはずのところ、各ステップのペアとペアのPCの組み合わせ方によってはこの場合のように計6回のステップが必要となってしまう。ステップの回数が増えれば、通常、データを配置するのに掛かる時間が長くなるので効率が悪い。これは、各ステップにおけるペアとペアにおけるPCを任意に組み合わせることによっては、必ずしも理論的な回数ではデータの配置を完了することができず、効率の良いデータの配置が行えないことを示している。

【0083】

そこで、 n 局の場合に、理論的な回数でデータの配置を完了するための、各ステップにおいて組み合わせるペアとペアにおけるPCの具体的な組み合わせを求める方法を以下に説述する。

【0084】

局数 n が2の場合は自明なので、3以上の場合を考えればよい。

まず、 n が奇数の場合、円周上に等間隔で n 個の点を打ち（正 n 角形をつくることに同じ）、各点に、例えば時計回りに順番に、0から $n-1$ までの番号を付ける。この円周上の n 個の点がPC _{i} に対応するのである。つまり、 n が奇数の場合に、 n 回（この回数は数2から明らかである。）の各ステップにおいて組み合わせるペアとペアにおけるPCの具体的な組み合わせを求めることは、円周上に等間隔に打たれた各点の間で引くことのできる総ての対角線を、1個の対角線群が1つの点から複数の対角線を引くことのない $(n-1)$ 2個の対角線で構成される、 n 個の対角線群に分離することに同じであって、逆に言えば、できるだけ1回のステップで多くの点から、各点からは複数の対角線を引いてはならない

という条件の下、対角線を引く操作を行い、この操作を n 回繰り返すことで、円周上に等間隔に打たれた各点の間で、重複する対角線なくしていわゆるダイヤモンドパターンを描ききる方法を求めればよいことになる。

【0085】

まず、ステップ1（以上では、ステップの番号は丸数字で示していたが、以下では、表記の都合上、単なる数字で示すものとする。）では、0番が付された点以外の $n-1$ 個の点において、0番の点から円の中心を通る直径線を引き、その線に対称な各2点でペアをつくる。この $(n-1)/2$ 個のペアが、ステップ1において組み合わせるペアであり、この各ペアが、ペアにおけるPCの具体的な組み合わせとなるのである。具体的には、例えば $n=7$ の場合、ステップ1において組み合わせるペアとペアにおけるPCの具体的な組み合わせは、 (PC_1, PC_6) (PC_2, PC_5) (PC_3, PC_4) となる。

【0086】

次に、ステップ2では、1番が付された点以外の $n-1$ 個の点において、1番の点から円の中心を通る直径線を引き、その線に対称な各2点でペアをつくる。この $(n-1)/2$ 個のペアが、ステップ2において組み合わせるペアであり、この各ペアが、ペアにおけるPCの具体的な組み合わせとなるのである。具体的には、例えば $n=7$ の場合、ステップ2において組み合わせるペアとペアにおけるPCの具体的な組み合わせは、 (PC_2, PC_0) (PC_3, PC_6) (PC_4, PC_5) となる。

【0087】

以下同様にして、各ステップにおいて組み合わせるペアとペアにおけるPCの具体的な組み合わせを求めることができる。即ち、ステップ R (R は自然数) では、 $R-1$ 番が付された点以外の $n-1$ 個の点において、 $R-1$ 番の点から円の中心を通る直径線を引き、その線に対称な各2点でペアをつくる。この $(n-1)/2$ 個のペアが、ステップ R において組み合わせるペアであり、この各ペアが、ペアにおけるPCの具体的な組み合わせとなるのである。そして、 $R-1$ 番の点から円の中心を通る直径線を引き、その線に対称な各2点でペアをつくることを、 n 個の各点で行えばよいので、全部のステップの回数は n となる。

【0088】

次に、 n が偶数の場合には、 $n-1$ 個のPCと1局のPCとの和集合と考えればよい。換言すれば、 n が偶数の場合には、 $n-1$ （勿論これは奇数である。）の場合に適用する上記方法において、各ステップにおいて対角線が引けずに必ず余る1点と、1局のPC即ちここでは円周外の1点とを線で結ぶものと考えればよく（この具体的なPCの組み合わせが1つ増えることによって、各ステップにおけるペアは $(n-1-1)/2+1=n/2$ 個となる。）、全部のステップの回数は $n-1$ となる。

【0089】

以上のようにして、各ステップにおいて組み合わせるペアとペアにおけるPCの具体的な組み合わせが求められるのであるが、無論、このステップの順番とおりでなければならないものではなく、適宜入れ替えてもよい。

また、ここに示した各ステップのペアとペアのPCの組み合わせを求める方法によって得られる組み合わせだけしかありえないというものではない。しかしながら、この付録に示した方法に依れば、PCの局数がいかなる場合であっても、理論的な回数でデータの配置を完了することが可能な各ステップのペアの組み合わせが容易に必ず得られるのであって、特に局数が大きい場合に有益である。

【0090】

【発明の効果】

本発明のデータ配置方法は、例えば、VLBI観測によって電波望遠鏡で得られる時系列データのようにデータ量が大规模な場合であっても、複数局の計算機の各記憶装置に格納された相互相関演算の対象となるデータを、相互相関演算を担当する計算機ごとに部分データに分割して効率的に配置するので、コストの大きい専用コンピュータを利用せずに、安価な汎用コンピュータでの相互相関演算の分散処理を可能にする。また、このデータ配置方法は、各ステップにおける転送時間が局数 n に依存せず、さらに、総ステップ数は数1、数2に示したとおり、 n 回または $n-1$ 回で済む。

【0091】

また、データを、単位データ量である部分データに n 個以上分割し、さらに連

続する n 個の部分データごとに重複することなくブロック区分して、ブロックごとにデータ配置を行うことで、データ収集を行いながら、既に収集されたデータの各局への配置が可能になり、データ収集におよそ並行して、既に収集されたデータの相互相関演算ができることになる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明におけるネットワーク構成の一例を示す図

【図 2】

PC の装置構成例を示す図

【図 3】

n 分割の場合に、本発明によるデータ配置の前後の、各 PC の外部記憶装置に格納される部分データの配置状況を示す図

【図 4】

n 分割以上の場合に、本発明によるデータ配置の前後の、各 PC の外部記憶装置に格納される部分データの配置状況を示す図

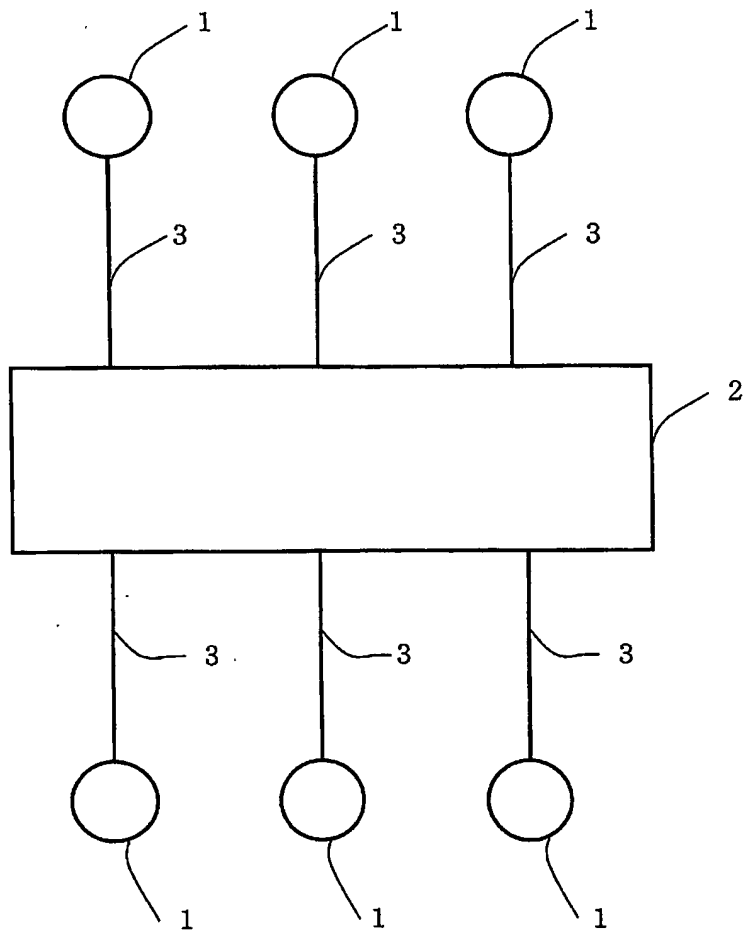
【符号の説明】

- 1 PC
- 2 スイッチングハブ
- 3 ケーブル

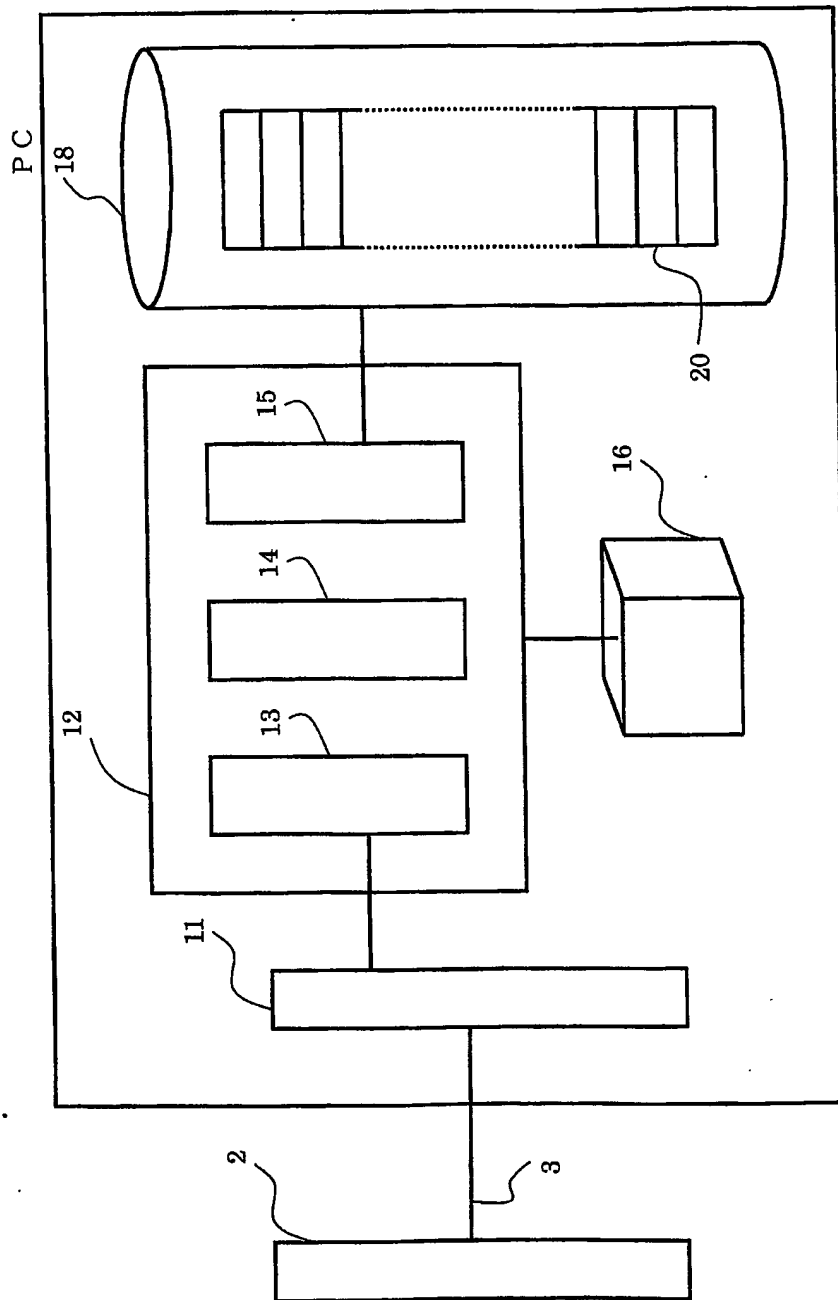
【書類名】

図面

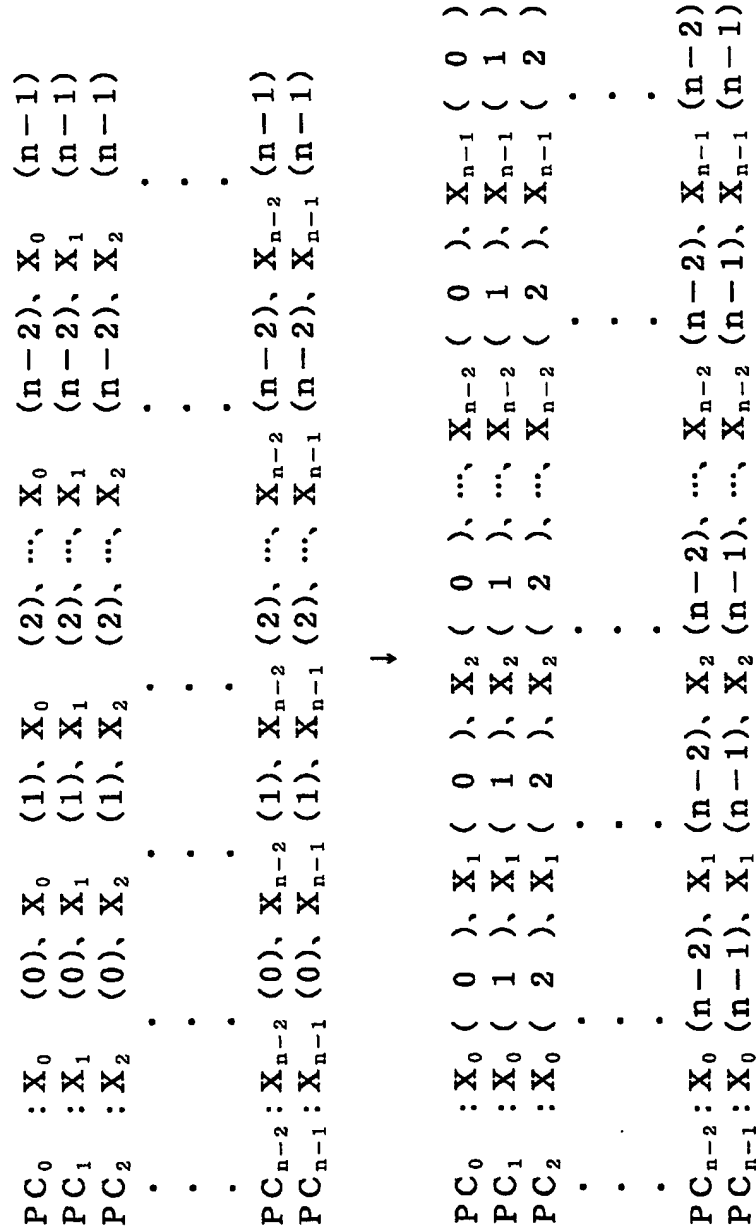
【図1】



【図 2】



【図3】



【図4】

$$\begin{array}{ccccccc}
 PC_0 : X_0 & (0), X_0 & (1), \dots, X_0 & (n-1), X_0 & (n), X_0 & (n+1), \dots \\
 PC_1 : X_1 & (0), X_1 & (1), \dots, X_1 & (n-1), X_1 & (n), X_1 & (n+1), \dots \\
 PC_2 : X_2 & (0), X_2 & (1), \dots, X_2 & (n-1), X_2 & (n), X_2 & (n+1), \dots \\
 \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
 \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
 \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
 PC_{n-2} : X_{n-2} & (0), X_{n-2} & (1), \dots, X_{n-2} & (n-1), X_{n-2} & (n), X_{n-2} & (n+1), \dots \\
 PC_{n-1} : X_{n-1} & (0), X_{n-1} & (1), \dots, X_{n-1} & (n-1), X_{n-1} & (n), X_{n-1} & (n+1), \dots
 \end{array}
 \quad \downarrow \quad
 \begin{array}{ccccccc}
 PC_0 : X_0 & (0), X_1 & (0), \dots, X_{n-1} & (0), X_0 & (n), X_1 & (n), \dots \\
 PC_1 : X_0 & (1), X_1 & (1), \dots, X_{n-1} & (1), X_0 & (n+1), X_1 & (n+1), \dots \\
 PC_2 : X_0 & (2), X_1 & (2), \dots, X_{n-1} & (2), X_0 & (n+2), X_1 & (n+2), \dots \\
 \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
 \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
 \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
 PC_{n-2} : X_0 & (n-2), X_1 & (n-2), \dots, X_{n-1} & (n-2), X_0 & (2n-2), X_1 & (2n-2), \dots \\
 PC_{n-1} : X_0 & (n-1), X_1 & (n-1), \dots, X_{n-1} & (n-1), X_0 & (2n-1), X_1 & (2n-1), \dots
 \end{array}$$

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 複数局の計算機の記憶装置に格納される、相互相関演算の対象の対象となるデータを、効率的に複数局の計算機に配置する方法を提供すること。

【解決手段】 n 局の計算機 PC が、ネットワーク媒体によって、スイッチング機能を有する集線装置または通信ネットワークに接続されるネットワーク構成において、各 PC は、相互相関演算の対象となるデータが格納される記憶装置を備え、各 PC における上記データは部分データに n 個または n 個以上分割可能であり、各 PC ごとに相互相関演算を行う部分データの担当が決められ、さらに、上記集線装置または通信ネットワークを介してデータ転送可能に接続された PC 2 局ずつの各ペアにおいて、接続された 2 局の PC の間で相互に、接続された相手方 PC に対して、この PC の担当する部分データを転送するステップを繰り返す。ネットワーク媒体は、全二重通信可能であることが好適である。

【選択図】 図 3

特願2003-178321

出願人履歴情報

識別番号

[301022471]

- | | |
|----------|------------------|
| 1. 変更年月日 | 2001年 4月 2日 |
| [変更理由] | 新規登録 |
| 住 所 | 東京都小金井市貫井北町4-2-1 |
| 氏 名 | 独立行政法人通信総合研究所 |
| | |
| 2. 変更年月日 | 2004年 4月 1日 |
| [変更理由] | 名称変更 |
| 住 所 | 東京都小金井市貫井北町4-2-1 |
| 氏 名 | 独立行政法人情報通信研究機構 |